

VI Всероссийская научно-практическая конференция для студентов и учащейся молодежи  
«Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении»

### ПРИРОДНЫЙ ГАЗ: ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СВОЙСТВА

*А.А. Садыков, студент группы 10741,  
научный руководитель: Деменкова Л.Г.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Природный газ – смесь газов, образовавшаяся в недрах земли при анаэробном разложении органических веществ. Природный газ широко используется как высокоэкономичное топливо на электростанциях, в черной и цветной металлургии, цементной и стекольной промышленности, в процессе производства стройматериалов и для коммунально-бытовых нужд, а также как сырье для получения многих органических соединений. Природные газы представлены в основном метаном –  $\text{CH}_4$  (до 90 – 98 %). Это самый простой по химической формуле газ, горючий, бесцветный, легче воздуха. В составе природных газов встречаются также этан  $\text{C}_2\text{H}_6$ , этилен  $\text{C}_2\text{H}_4$ , пропан  $\text{C}_3\text{H}_8$ , бутан  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  и его гомологи, пентан  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  и его гомологи, а также другие вещества – водород  $\text{H}_2$ , сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ , азот  $\text{N}_2$ , углекислый газ  $\text{CO}_2$ , ртуть, меркаптаны  $\text{RSH}$ , инертные газы – гелий, аргон, криптон, ксенон [2]. Примерный химический состав ряда месторождений природного газа приведён в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав газа газовых месторождений, об. % [4]

Месторождение	$\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	$\text{N}_2$	$\text{CO}_2$
Северо-Ставропольское	98,9	0,29	0,16	0,05	–	0,4	0,2
Уренгойское	98,84	0,1	0,03	0,02	0,01	1,7	0,3
Шатлыкское	95,58	1,99	0,35	0,1	0,05	0,78	1,15
Медвежье	98,78	0,1	0,02	–	–	1,0	0,1

Из таблицы видно, что химический состав разных месторождений отличается друг от друга. Качество газа как энергоносителя зависит от содержания метана. При содержании в газовой смеси этана и других углеводородных и неуглеводородных газов от нескольких процентов и более природный газ становится ценным химическим сырьём.

Природный газ относится к полезным ископаемым. Природный газ в пластовых условиях (условиях залегания в земных недрах) находится в газообразном состоянии в виде отдельных скоплений (газовые залежи) или в виде газовой шапки нефтегазовых месторождений – это свободный газ, либо в растворённом состоянии в нефти или воде (в пластовых условиях), а в стандартных условиях (0,101325 МПа и 20 °С) – только в газообразном состоянии. По своей сути нефть с растворённым в ней газом подобна газированным напиткам. При больших пластовых давлениях в нефти растворены значительные объёмы газа, а при падении давления до атмосферного в процессе добычи нефть дегазируется, т.е. газ бурно выделяется из газонефтяной смеси. Такой газ называется попутным. Также природный газ может находиться в виде газогидратов [1]. Газогидраты – молекулы компонентов природного газа, чаще всего метана, «встроенные» в кристаллическую решетку льда. Газовый гидрат образуется при высоких давлениях и низких температурах, поэтому в природе встречается либо в осадках глубоководных морских акваторий, либо в сухопутной зоне вечной мерзлоты, на глубине несколько сотен метров ниже уровня моря.

**Стабильный газовый конденсат** – продукт, выделяемый из природного газа, который представляет собой смесь жидких углеводородов, имеющих в молекуле более четырех атомов углерода (С). Продукт, получаемый в результате конденсации при снижении давления и/или температуры газа, называется *газовый конденсат (нестабильный)*. Газовый конденсат (нестабильный) содержит растворённые газы ряда  $\text{C}_1\text{--C}_4$ .

В зависимости от содержания метана и других (тяжелых) углеводородных газов метанового ряда газы делятся на сухие (бедные) и жирные (богатые). К сухим относятся газы в основном метанового состава (до 95 – 96 %), в которых содержание других гомологов (этана, пропана, бутана и пентана) незначительно (доли процента). Они более характерны для чисто газовых залежей, где отсутствуют источники обогащения их тяжелыми компонентами, входящими в состав нефти.

Жирные газы – это газы с высоким содержанием «тяжелых» газовых соединений. Помимо метана, в них содержатся десятки процентов этана, пропана и более высокомолекулярных соединений вплоть до гексана  $C_6H_{14}$ . Жирные смеси более характерны для попутных газов, сопровождающих нефтяные залежи.

Состав природного газа определяется условиями его образования. В соответствии с этим природные газы подразделяют на три группы:

1. Газы, добываемые из чисто газовых месторождений. Они представляют собой сухой газ, практически свободный от тяжелых углеводородов.

2. Газы, добываемые вместе с нефтью. Это физическая смесь сухого газа, пропан-бутановой фракции (сжиженного газа) и газового бензина.

3. Газы, добываемые из газоконденсатных месторождений. Они состоят из сухого газа и жидкого углеводородного конденсата. Углеводородный конденсат состоит из большого числа тяжелых углеводородов, из которых можно выделить бензиновые, лигроиновые, керосиновые, а иногда и более тяжелые масляные фракции. Кроме того, присутствуют  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $He$ ,  $Ar$  и др.

4. Искусственные газы получают из твердых топлив (горючие сланцы, бурый уголь) в газогенераторах, ретортах, тоннельных и прочих печах при высоких температурах, а иногда и при повышенных или высоких давлениях.

Существует классификация и индексация природных газов по содержанию полезных компонентов В.И. Старосельского, которая основана на требованиях промышленности по минимальной концентрации компонентов, являющихся ценным химическим сырьем. Среди неуглеводородных компонентов газа в ней учитывается азот (А), углекислый газ (У), сероводород (Св), а среди углеводородных компонентов – метан (Н), этан (Э), тяжелые углеводороды (Т) и конденсат (К). В зависимости от пределов процентного содержания какого-либо компонента в газе, около его буквенного индекса ставится цифра от 1 до 4. Состав газа обозначается суммой индексов. Например, состав газов Астраханского газоконденсатного месторождения будет выражен следующим индексом: М2Э1Т2У4А1Св4К4. Он означает, что газ содержит метана от 30 до 70 %, этана менее 3 %, тяжелых углеводородов 5-10 %, углекислого газа более 15 %, азота менее 3 %, сероводорода более 1 % и конденсата более 200 г/м<sup>3</sup>.

Природный газ не имеет цвета и запаха. Чтобы можно было определить утечку по запаху, к нему перед подачей потребителям добавляют одорант – вещество с резким специфическим запахом (этилмеркаптан –  $C_2H_5SH$  или смесь природных меркаптанов – СПМ – этилмеркаптан и пропилмеркаптан ( $C_3H_7SH$ )). Это бесцветная жидкость с очень сильным отвратительным запахом, напоминающим запах тухлых яиц. Люди могут чувствовать запах СПМ при концентрациях одна часть на 50 миллионов частей воздуха. Он добавляется в малых количествах (16 г на 1000 м<sup>3</sup>) к природному газу, который используется для приготовления пищи и отопления, чтобы придать обычно не имеющим запаха газам легко распознаваемый запах, служащий предупреждением об опасной утечке газа. В магистральных газопроводах транспортируется неодоризованный газ, поскольку одорант принадлежит к агрессивным веществам, которые вызывают коррозию стенок труб [3].

Из химического состава вытекают и физико-химические свойства природного газа. Точных параметров нет, потому что они зависят от процентного соотношения компонентов: плотность – 0,68-0,85 кг/м<sup>3</sup> в газообразном и 400 кг/м<sup>3</sup> в жидком виде; самовозгорание – при температуре 650 °С; удельная теплота сгорания – 28–46 МДж/м<sup>3</sup>. Поскольку природный газ почти в два раза легче воздуха, он поднимается вверх. Человек не может задохнуться, оказавшись на дне низины. Но есть другая опасность: если в воздухе присутствует от 5 до 15 % объема природного газа, смесь становится взрывоопасной [5].

С точки зрения химии к природному газу для упрощения расчетов физико-химических параметров можно применять законы для идеальных систем. С точки зрения математики – это аддитивная система. Следовательно, к нему при нормальных условиях применимы аддитивные методы расчетов физико-химических и технологических параметров. Главным химическим свойством природного газа является способность к горению. В состав газообразного топлива входят горючая и негорючая части. Различия в физико-химических характеристиках газового топлива обусловлены разным количеством в составе газа горючих и негорючих газообразных компонентов (балластов), а также вредных примесей.

Во время эксплуатации газовых скважин метан – газообразный и находится при температуре выше критической, этан – на грани парообразного и газообразного состояния, а пропаны и бутаны – в паровом. С повышением давления и понижением температуры компоненты, входящие в состав природных газов чисто газовых месторождений, могут переходить в жидкое состояние. При эксплуатации газоконденсатных месторождений с понижением давления до определенного значения (давление максимальной конденсации) обычно наблюдается переход тяжелых углеводородов в жидкое состояние, при последующем уменьшении давления часть их переходит обратно в газообразное состояние.

Это приводит к тому, что состав газа, а также состав и количество конденсата в процессе разработки газоконденсатных месторождений без поддержания давления изменяются, что следует учитывать при проектировании заводов по переработке газа и конденсата. Если газоконденсатные месторождения разрабатывают с поддержанием давления путем закачки газа в пласт (сайклинг-процесс), состав конденсата практически не изменяется, а состав газа может изменяться при прорыве сухого газа в эксплуатационные скважины. Если для поддержания пластового давления закачивают в пласт воду, состав газа и конденсата в процессе разработки остаются неизменными.

Таким образом, физико-химические свойства газа и его состав необходимо знать не только при его использовании, но и как на стадии разведки, так и при эксплуатации месторождения.

Литература.

1. Асеев И.Н. Газогидраты [Электронный ресурс]. – <http://biofile.ru/geo/15406.html>
2. Квеско, В.В. Разработка газовых и газоконденсатных месторождений [Электронный ресурс]. – <http://www.svoruem.com/users/kveskobrazrobtka gazovykh kondensatnykh mestorozhdeniy>
3. Новиков, А.И. Состав и физико-химические свойства природных газов [Электронный ресурс]. – <http://oilloot.ru/77-geologiya-geofizika-razrabotka-neftnykh-i-gazovykh-mestorozhdenij/236-sostav-i-fiziko-khimicheskie-svoystva-prirodnkh-gazov>
4. Останин, А.А. Природный газ – сырьё, а не готовое топливо [Электронный ресурс]. – <http://greenologia.ru/eko-problemy/dobycha-gaza/syre-a-ne-gotovoe-toplivo.html>
5. Островский, А.И. Физико-химические свойства природного газа [Электронный ресурс]. – <http://lngas.ru/natural-gas-lng/fiziko-khimicheskie-svoystva-spg.html>

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛА

*А.А. Садыков, студент группы 10741, А.З. Ишанов, студент группы 10А42,  
научный руководитель: Деменкова Л.Г.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

К числу современных технологических процессов, сокращающих трудоемкость обработки металлических материалов, относится электрохимическая обработка (ЭХО) заготовок и деталей в токопроводящем растворе (электролите). В настоящее время область практического применения ЭХО распространяется от простых операций по отрезке заготовок из труднообрабатываемых сталей и сплавов вплоть до операций по формообразованию сложнопрофильных деталей, например турбинных лопаток. Созданы и успешно эксплуатируются станки для электрохимического формообразования профиля пера лопаток турбин и компрессоров, отрезки заготовок, заточки режущих инструментов, формообразования отверстий, пазов и щелей и для других технологических операций; разрабатываются и осваиваются новые и совершенствуются существующие технологические процессы и оборудование; повышаются технико-экономические и эксплуатационные характеристики станков и установок для ЭХО.

Теоретические основы метода ЭХО объясняются с позиций электрохимии. На границе металла с раствором, содержащим ионы его соли, устанавливается электрохимическое равновесие за счет перехода потенциалопределяющих ионов  $Me^{n+}$  из раствора на металл или же, наоборот, го кристаллической решетки металла в раствор:  $Me^{n+} + z e \rightleftharpoons Me$ . В результате на электроде возникает некоторый потенциал, который называется равновесным, если на границе электрод-раствор протекает одна обратимая электрохимическая реакция. Если протекает несколько реакций (например, одновременное